

동태적 접근방법을 통한 과학기술수준 평가 및 예측 : 건설엔지니어링의 기술수준 사례분석

강보영* · 송현주** · 박병무***

I. 서론

1. 연구의 필요성

우리 나라의 과학기술에 대한 수준평가의 시행은 국가 차원에서의 전체 기술 분야 및 개별 해당기술 분야, 또는 전략기술 분야별로 이루어 지고 있다(KISTEP, 1999, 2003, 2008 등; ITEP 2002, 2006, 2008 등; IITA 2006, 2007, 2008 등; KICT 2001, 2005; 한국교통연구원 2009).¹⁾ 해외의 경우에는 국내에 비해 덜 체계적이거나 내용 및 방법 등이 모호한 수준이며 다만 일부 개별 혹은 전략적 선택의 소(세)분야 중심으로 경쟁 상대국과의 (기술)경쟁력 비교를 하는 경우가 대부분이다(미국 OST, 1999; 일본 NISTEP 2000 등)²⁾.

특히 국내의 경우, 주로 연구관리 전문기관 및 기획·평가 전문기관에 의해 시행되고 있는 과학기술 및 해당 산업의 기술수준평가는 첫째, 이론적 배경 및 조사방법론 개발, 둘째, 평가대상의 정의 및 범위, 그리고 평가 결과의 활용성 측면에서 부분적으로 보완의 필요성이 있는 것으로 판단된다. 국내에서의 기술수준 평가방법은 선진국 수준에 대한 상대적인 평가라는 접근이나 개념에 토대를 두고 있고 기술과 산업의 구분에 대한 모호성, 기술의 차이(격차)에 대한 정태적(statics) 관점에서의 결론 도출 등으로 실효성과 구체성에서 보완 및 개선이 필요하다(최문정, 2005; 박병무, 2007).

따라서 이제는 기존의 과학기술 수준평가 방법에 대한 재조명과 새로운 개념 및 이론이 배경이 되는 수준평가 모형의 제안 및 적용이 필요한 시점이다. 이 연구에서 제안하는 연구의 내용 및 수준은 최근의 연구에서 활용한 조사·분석보다 진화한 개념 및 방법론이며, 시범적으로 실증사례를 통한 검토를 바탕으로 연구의 실효성을 점검한다.

2. 연구의 목표

이 연구의 목표는 박병무(2007) 및 한성구(2009)가 제안 및 활용하여 평가한 기술수준평가 결과의 내용을 보다 동태적(dynamics)으로 접근하고 표현하는 방안을 찾아 제시하는 것이다. 일반적인 상대비교 지수를 활용하는 외에 극히 제한된 범위 내에서 기술 및 기능지수의 실증적 적용에 대한 논의를 전개하여 평가대상 기술의 기술변화 형태를 동태적으로 도식화 및 정량화해 본다.

* 부경대학교 기술경영대학원 석사과정

** 울산대학교 UNIST 테크노경영학부 석사과정

*** 부경대학교 시스템경영공학과 교수

1) KISTEP은 Korea Institute of Science and Technology Evaluation and Planning의 약어로 한국과학기술기획평가원을 말함. ITEP은 Korea Institute of Industrial Technology Evaluation and Planning의 약어로 한국산업기술평가원을 말하는데, 이 기관은 2008년 신설통합기관인 KEIT(Korea Evaluation Institute of Industrial Technology, 한국산업기술평가관리원)으로 통합되었다. IITA는 Institute of Information Technology Agency의 약어로 한국정보통신연구진흥원을 말하는데, 이 기관은 2008년 신설통합기관인 NIPA(National IT Industry Promotion Agency, 한국정보통신산업진흥원)으로 통합되었다. KICT는 Korea Institute of Construction Technology의 약어로 한국건설기술연구원을 말함.

2) 미국의 OST는 백악관(White House) 내의 Office of Science and Technology를 말하는 것이며, 일본 NISTEP은 National Institute of Science and Technology Policy을 말하는 것임.

3. 연구내용 및 방법

연구의 목표를 달성하기 위해 우선 기존 관련 연구에 대한 검토를 한다. 기존의 사례조사·분석 및 연구 등에 대한 역사적 검토 및 분류를 한다. 검토의 관점으로는 접근 개념 및 이론적 배경에 대한 검토를 우선적으로 실시하며, 이어서 접근 방법 및 평가 행태에 대한 검토를 하여 이들로부터 도출할 수 있는 시사점과 새로운 방안 모색에 대해 살펴 본다. 또한 박병무(2007) 이후 부분적으로 시행이 된 최근의 동태적 접근에 의한 이론 적용 및 실증평가에 대한 검토를 한다. 그리고 이를 통해 동태적 기술수준 평가이론에 대한 논리적 검토와 한계점 등에 대해 살펴본다.

마지막으로 동태적 기술수준 평가이론 및 방법론에 대한 보완에 대해 논의한다. 여기서는 비교정태적 평가와 동태적 평가의 차이 및 장단점, 동태적 평가의 적용 및 활용 가능성에 대해 논의한다. 이 연구에서 제안하는 동태적 평가방법을 활용하여 시범적으로 실험적인 적용 사례를 소개하고, 이에 대해 논의한다.

4. 추진전략 및 방법

제 3절에서 밝힌 연구의 내용을 시행하기 위한 추진전략은 다음과 같다. 우선 국내외 기존 과학 기술 수준평가와 관련되어 있는 문헌 및 사례분석 등에 대한 검토 및 재정리로 새로운 관점에서의 과학기술에 대한 기술수준 평가 관련 이론 및 방법론의 보완 및 개선된 실현방안을 모색하고 또한 제시하도록 한다.

과학기술 수준의 평가에 대한 입체적이고 동태적인 접근 방법을 시도한다. 특히 이 연구에서는 넓은 의미의 경쟁력보다는 기술 자체에 초점을 둔 기술내용 중심의 기술수준 평가 사례를 제시한다. 이를 위해서 기술수준 평가의 방법으로는 해당 기술별 발전 과정을 정형화하는 탐색을 시도하며, 비교대상 주체와 우리와의 기술수준의 위상비교 분석을 경로분석 및 기술진보율 등을 제시한다. 전반적인 문헌 검토 및 정리, 이론과 모형의 실험적 적용 등은 연구팀 전체적으로 담당하여 시행한다.

II. 과학기술 수준평가 일반적 논의

1. 개요

Maddison(1979)과 Abramovitz(1979)에 의하면 국가 간 경제성장의 차이는 기술개발 및 흡수의 내용과 범주의 차이와 관련이 있다. Krugman(1979)은 기술 후발국의 무료승차개념을 전제로 한 추격이론에서는 경제성장은 획득한 기술의 확산 과정에 의해 결정됨을 지적하면서 기술격차이론을 통해 국가적 기술혁신 활동에 따른 효과를 감안한 추격이론을 보완하였다. 박병무 외(1991)는 국가간 상이한 기술수준, 기술개발의 방향, 제도적 특성 및 국제적인 구조적 불균형 등을 종합적으로 감안해야 함을 주장한다. 이러한 주장들은 최근 진행되는 기술수준조사 필요성에 대한 개념적·본질적 배경을 제공한다.

한 국가의 기술력은 크게 세 가지 측면에서 살펴 볼 수 있다(정근하, 2009). 우선, 협의의 기술 수준으로서 제품과 공정의 물리적·화학적·기계적 또는 생물학적 특성과 기능을 수행하는 능력의 측면에서 생각해 볼 수 있다. 다음, 개별 기술수준의 변화에 의한 생산성의 변화로서 산업 또는 국가의 총체적인 기술수준의 측면이다. 마지막으로 기술수준의 변화를 가져오는 기술개발력 측면으로 기술개발에 투입되는 연구개발(R&D)자원의 질과 양, 연구경험, 효율적인 기술경영시스템 등에 의해 결정된다.

2. 기술수준의 정의와 개념

기술수준의 정의는 분석의 목적에 따라 다양하다. 경제학적으로 기술은 투입을 산출로 변환시키는 변환의 집합이고 이러한 변환을 이행하는 제반활동을 구성하는 사회조직이다. 기술수준을 대변할 수 있는 기술능력은 기술지식을 효과적으로 활용하는 능력으로 투자·생산·혁신에 있어 기술지식의 효율적 사용에 의해 좌우된다.

기술수준의 정의에 대한 학문적 논의는 다음과 같다.

먼저, Schmookler(1966)는 기술을 산업생산과 관련된 지식의 사회적 보유라는 관점에서 기존기술을 활용하는 정도를 한 국가의 노동인구에 그 기술이 보급되는 분포를 합산해서 표시할 수 있으며, 이를 그 국가의 기술능력이라고 정의한다. 국가의 기술능력 증가 속도는 신기술을 창출하거나 외부의 신기술을 도입하는 속도와 확보한 기술을 전파하는 속도에 달려있다.

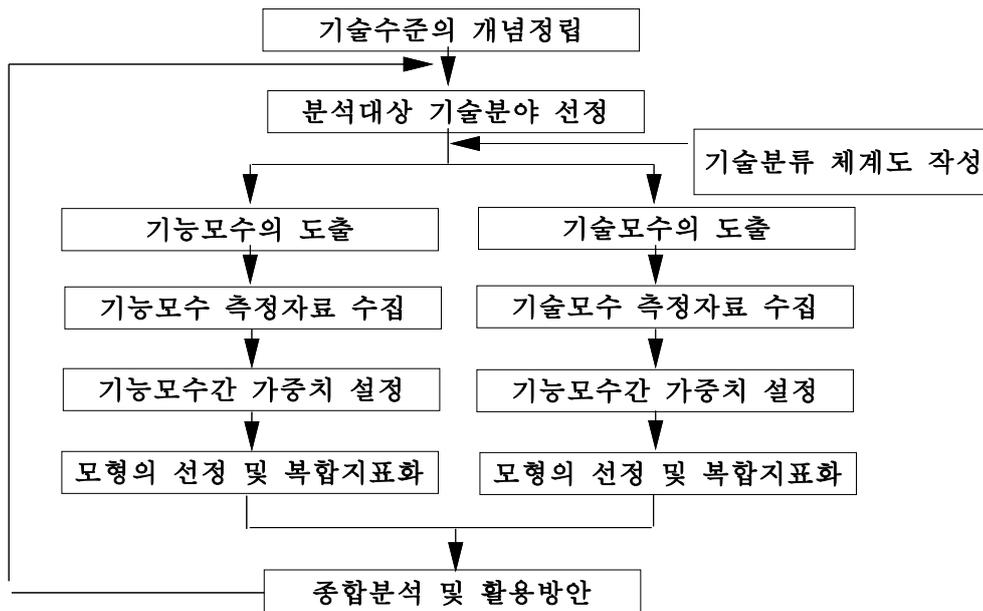
寸木俊昭(1974)는 기술수준을 물적 자본력과 인적 자본력의 합으로 정의한다. Ken Research(ケソ-リサーチ, 1976)는 개별인간 및 인간사회가 직면하는 외적인 제약 조건에 대응하거나 극복하기 위한 수단인 기술이 이러한 대응 혹은 극복하는 정도를 수량화한 것을 기술수준이라고 정의한다.

Martino(1993)는 기술이 기능을 얼마나 잘 수행하는가를 정량적으로 나타낸 것이 기술수준임을 주장한다. 기술수준은 단일 또는 복수의 측정치를 지표화하며, 기술수준의 측정에서 기술모수와 기능모수를 구분하는 것이 필요하다.

Gordon(1981)은 기술수준과 관련된 과거 연구결과들을 검토한 후, 기술수준 측정을 충족시키는데 필요한 다섯 가지 기준을 다음과 같이 제시한다.

첫째로 동일한 기술을 대상으로 기술수준을 추정할 때 같은 값에 도달할 수 있어야 한다. 둘째로 기술수준은 이상적으로 지수형태가 바람직하며, 기준값을 토대로 작성되어야 한다. 이 경우 기준값에 대한 현 기술수준의 근접성을 나타낸다. 셋째로는 접근방법은 기술분류의 어느 수준에서도 적용될 수 있어야 하고, 넷째로 각 모수와 기술수준 지수는 목적을 달성함에 있어 기술의 우수성을 반영해야 한다. 마지막으로, 기술수준은 기술간 비교를 용이하게 하기 위해 단위가 없는 형태여야 한다.

2.3 기술수준 평가 체계



(그림 1) 기술수준 평가체계

기술수준 평가는 평가대상 기술의 특성, 평가의 목적 등에 따라 다양하다. 기술수준 평가체계를 구축하기 위해서는 이론적으로 기술수준평가의 근거자료 확보 차원에서 가능한 한 주관적인 자료를 최소화하고 객관적인 자료를 충분히 사용해야 한다. 또한, 대상 분야의 기술수준을 개별지표를 통해 비교 평가해야 할뿐만 아니라 이들을 복합하여 하나의 종합지표로 나타낼 수 있어야 한다.

(그림 1)는 Martino 방법을 사용한 기술수준 평가체계이다.

4. 기술수준 평가 방법

기술수준 평가방법은 접근방법에 따라 크게 조직기술혁신체제적 접근방법, 기술의 효율성 분석에 의한 접근방법, 기능모수/기술모수를 대상으로 한 점수제모형을 사용하는 접근방법으로 분류할 수 있다(장진규 외, 1998).

조직기술혁신체제적 접근방법은 기술혁신의 투입·변환·산출의 프로세스를 분석함으로써 기업 목표를 달성하기 위한 기술전략 수립 및 기술경영 의사결정에 필요한 요구정보를 객관적이고 체계적으로 제공하려는 시도이다. 또한 모형을 적용한 기술수준 조사방법론으로는 점수제 모형과 동태적 기술성장곡선 모형이 있다.

1) 점수제 모형

기능/기술모수를 대상으로 점수제 모형을 사용하는 접근방법은 기술을 바라보는 주체 관점에서 기술수준을 평가하는 방법이다. 점수제 모형에는 대표적으로 Martino 모형과 이 모형의 제약된 형태인 Gordon 모형이 있다. 점수제 모형은 복수의 특성치와 모수를 복합 측정치로 결합하기 위한 분석방법이 없을 때 기술수준 측정치를 구하기 위해서 사용된다(Martino, 1993).

가. Martino 모형

$$\text{기술수준} = \frac{A^a B^b (cC + dD + eE)^z (fF + gG)^y (1 + hH)^x}{H(iI + jJ)^w (1 + kK)^v}$$

여기서, $c+d+e=1$, $f+g=1$, $i+j=1$, $a+b+z+y+x=1$, $w+v=1$

식에서 분자의 대문자는 그 값이 커지는 것이 바람직한 요인을 나타내며, 분모의 대문자는 그 값이 커지는 것이 바람직하지 않은 요인을 나타낸다.

나. Gordon 모형

모든 기술이 성장곡선의 형태를 띤다고 가정하면, 점수제 모형의 기술은 이론적 상한값을 갖게 되고, 따라서 특정 기술의 수준을 다른 기술의 수준과 비교할 수 있다. 이러한 방법은 Gordon and Munson(1981)에 의해서 처음으로 제안되었다.

$$\text{기술수준} = \frac{X_1}{X_1^*} \left(K_2 \frac{X_2}{X_2^*} + K_3 \frac{X_3}{X_3^*} + \dots + K_N \frac{X_N}{X_N^*} \right)$$

2) 동태적 기술성장곡선 모형

과학기술수준은 항상 변하고 있으므로 이를 정확히 평가하기 위해서는 해당기술의 이론적인 상한선이 어디인지, 세계 최고기술과 우리 기술의 현재의 위치는 어디이며 그 격차는 어느 정도인지, 지금의 기술변화의 정도 혹은 속도는 어떤지 등을 파악해야 한다. 동태적 기술수준 평가의 방법론적 관점에서 기술의 성장을 설명하는 방법은 실증자료를 기반으로 하는 곡선 적합방법이 있

다. 곡선적합방법은 단일기술의 성장이 주어진 수리모형을 따른다고 가정하고, 시계열 정보를 활용하여 기술확산 속도를 추정하는 방법이다.(박용태, 2006). 곡선적합 모형에는 단일기술 또는 제품의 성장 모형이 S-curve를 따른다고 가정한 모형이 있다. S-curve 모형에는 초기의 BASS 모형에서 대표적인 모형인 Pearl, Gompertz 모형이 있고, 주요 모형별 특징은 <표 1>와 같다.

<표 1> 기술성장곡선 모형별 주요 특징 및 적용사례

모형	주요특징 및 적용사례
BASS	<ul style="list-style-type: none"> 기본모형 : $y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 (Y_{t-1})^2 + \epsilon_t$ 혁신자를 제외한 다른 수용자는 기존에 제품을 수용한 사람들의 영향을 받아서 제품을 수용하게 된다고 주장 확산과정이 시작되면, 채택과정은 최고정점에 이르는 시간 T에서 2T까지의 시간에 관계하여 대칭(Mahajan, 1990)
Pearl	<ul style="list-style-type: none"> 기본모형 : $y_t = \frac{L}{1 + \alpha e^{-\beta t}} + \epsilon_t$ 예측대상의 변화속도가 지금까지 이룬 발전(y)과 상한에 이르기까지 남아있는 발전(L-y)의 곱으로 표현되며, 변곡점에서 대칭
Gompertz	<ul style="list-style-type: none"> 기본모형 : $y_t = L e^{-\beta e^{-\alpha t}} + \epsilon_t$ 예측대상의 변화속도가 현재의 수준과 상한까지의 차이(L-y)의 함수로 표현되며, Pearl 모형과 비슷하나 변곡점에서 비대칭이며 Pearl 모형에 비해 초기 발전속도가 빠름

5. 기술수준평가 사례와 문제점

국가 차원의 기술수준에 관한 국내 최초연구는 최희운·홍순기·정근하 외(1986)의 “기술수준평가 및 지표개발에 관한 연구(I)”이다. 이 연구는 국가의 기술수준을 측정하기 위한 지표를 개발하고 개별지표들을 이용한 복합적인 지표화를 시도하였다.

김인호 외(1999)는 국가 차원의 과학기술 전 분야에 대한 국내최초의 기술수준평가를 시도하였다. 이들은 기술수준평가 방법론을 개발하고 범용기술 수준조사 그리고 10개 제품에 대한 정밀기술 수준조사를 실시하였다.

신성윤 외(2002)는 산업기술 관련 39개 분야를 대상으로 설문조사를 실시하여 주요국의 세계최고 기술 보유국 대비 기술수준(%), 최고기술 보유국과의 기술격차년소/기술격차추세, 기술격차의 주요 원인 등을 조사하였다.

해외에서 실시한 기술수준평가로 일본의 경우 일본총합연구소(JRI)와 과학기술정책연구소(NISTEP)가 2000년에 7개 분야의 연구개발수준을 조사하였다.

기존의 국내 여러 기술수준평가 사례는 설문조사를 이용하여 기술수준을 평가하였으나 수행기관의 특성에 따라 평가대상이 다르다는 차이가 있다.

기술수준평가에 사용되는 통계자료는 과학기술인력, 과학기술투자의 연구개발 투입지표와 논문, 특허 등의 연구개발 성과지표가 포함된다(김기국 외, 1998). 연구개발 투입지표의 경우, OECD의 각종 통계자료를 이용하여 국가 전체나 일부 과학기술 분야간의 연구 인력이나 연구비 규모를 분석할 수 있으나, 핵심기술별 연구개발 투입에 관한 통일된 국제 비교 자료는 없다.

한성구(2009)는 이명박 정부의 과학기술기본계획의 기술수준평가를 실시하였다. 본 평가의 특징은 기술개발전략을 도출하고 정책반영을 하기 위해 평가대상기술을 세분화하였고, 논문·특허분석의 정량평가와 델파이 조사의 정성평가를 실시하여 주관적 평가에 의존한 기존의 방법을 보완하

였고 해당기술의 추격·확보전략 제시가 가능하도록 동태적 접근방식으로 절대평가를 실시하였다.

기존의 기술수준평가 관행은 대체로 특정시점에서 세계 최고기술 수준을 기준(100%)으로 한 우리나라의 기술수준 및 기술격차를 측정하는 것으로 실질적으로 큰 의미가 없으며, 특히 시계열적인 기술수준의 비교가 불가능하다. 따라서 세계최고 기술과 우리나라의 기술의 기술발전 단계와 기술발전 속도 및 최종단계에 도달하기위한 소요시간 등에 대한 논의가 필요하다.

기술수준을 측정할 때 발생하는 일반적인 문제점들을 제시하면 다음과 같다. 우선 사회현상을 정량적으로 파악하기 위해서는 제반 조건 등을 판단할 수 있는 기준과 측정방법이 필수적이다.

국가의 기술력은 산업의 일부나 기업이 보유하고 있는 기술에만 국한된 것이 아니다. 국가의 산업기술 수준은 해당 기술의 수준과 기술인력의 분포 정도에 따라 결정된다. 기술수준의 평가는 한 국가의 종합기술력을 평가하기보다 개별기술을 대상으로 이의 구조를 파악하고 복합화하는 노력이 선행되어야 한다.

III. 기술수준조사 이론에 대한 새로운 접근

1. 배경

최근의 기술수준조사에 관한 이론 및 방법론, 그리고 관련 국내외 사례연구 및 분석에 대한 전반적이고 상세한 소개 및 논의는 이재준(2009) 및 변순천(2008) 등에서 살펴볼 수 있다.

박병무(2007)가 제안한 기술수준조사에 대한 새로운 접근을 시도한 변순천(2008)은 기술성장 모형 및 기술수준 측정방법, 그리고 이를 토대로 한 기술수준평가 방법론을 논의하고 있다.

곡선적합 모형은 해당기술의 변화가 성장곡선(S curve) 유형을 따른다는 가정과 복수의 기술이 경쟁 혹은 상호작용하는 공진화의 결과라는 가정에 의해 적용될 수 있는 모형이다. Pearl, Gompertz 등의 모형이 단순한 형태의 모형에 해당한다. 기술수준조사의 결과내용은 조사대상인 기술의 위상구조 및 분류체계와 연계되어 있다.

2. 기존 조사의 한계

기존의 기술수준조사 및 조사 결과 표현에는 한계가 존재한다. 우선, 기술의 일반적이고 넓다. 그러나 기술의 수준조사가 정확하기 위해서는 측정이 가능한 정도의 세분화가 필요하다. 해당기술 범위에서의 수준조사는 해당 기술분야 전문가의 정성적인 의견청취에 의존하는 어려움이 존재한다. 따라서 가능한 관련 기술 범위나 분야에 해당하는 핵심기술이나 원천기술의 기능적·기술적 모수 접근을 통한 수준 측정이 이루어지도록 해야한다.(Cozzens et al., 2005).

다음으로 논의할 수 있는 기존 방법의 한계는 세계최고기술 수준대비(예: 100 기준) 우리나라의 수준을 표현하는 문제이다. 선진국의 현재 최고보유기술은 해당 기술의 수명주기 스펙트럼 상의 위치는 어디이며 그 경우 한국의 경우는 어디에 위치하고 있는가에 대한 비교논의가 필요하다. 추가로 고려해야 할 사항은 측정·분석의 비교 대상인 선진국의 기술수준이나 우리의 기술수준이 일반적으로 모두 지속적으로 변화한다는 점이다. 기술수준의 정도를 나타내는 다른 방법 중의 하나인 기술격차 년도의 의미에 대한 해석도 논의의 대상이다. 기술격차가 '1년'이라고 할 경우, '1년 후에는 선진국 수준에 도달할 것이다'라는 표현을 어떤 의미로 해석할 것인가? 이 경우, 함께 변화해 가는 과정에서 1년이 지나면 수준이 같아진다는 것인지 아니면 1년 후에는 평가 시점인 현재의 100 수준으로 정의한 선진국의 기술 수준에 도달한다는 것인지에 대한 명확한 해석이 필요하다. 후자의 경우라고 한다면 1년 후 선진국의 기술 수준은 어디에 가 있을 것인가에 대한 답을 추가로 고려해야만 한다.

3. 필요성

기존 조사연구들의 핵심적인 한계는 이들의 방법론상의 이론적인 개념이 정태적 관점에 토대를 두고 있으며 비교대상과의 수준에 대한 표현은 정태적 관점에서 상대적(비교정태적)으로 표현되었다는 것이다. 이원영(2001)은 기술경쟁력의 측정과 분석을 위해서는 정태적 측면 뿐 아니라 동태적 측면이 고려되어야 함을 주장한다.

최문정(2005)은 기존의 연구에서는 기술수준이 현재 어느 수준에 있느냐는 것에 초점을 두고 기술수준 측정 및 분석을 진행하였음을 지적한다. 우리나라와 비교 대상국의 기술이 어떤 속도로, 어느 방향으로 변화하고 있는가와 관련된 동적인 분석과 핵심기술이 기술발전 단계에서 현재 어느 위치에 도달해 있는지에 대한 분석이 이루어져야 함을 주장한다. 이것을 위해서는 우리의 기술수준의 상대적인 위치, 격차년도와 함께 비교대상 기술의 기술발전 단계상의 위치 혹은 기술수명주기상의 위상을 동시에 파악하는 것이 필요하다.

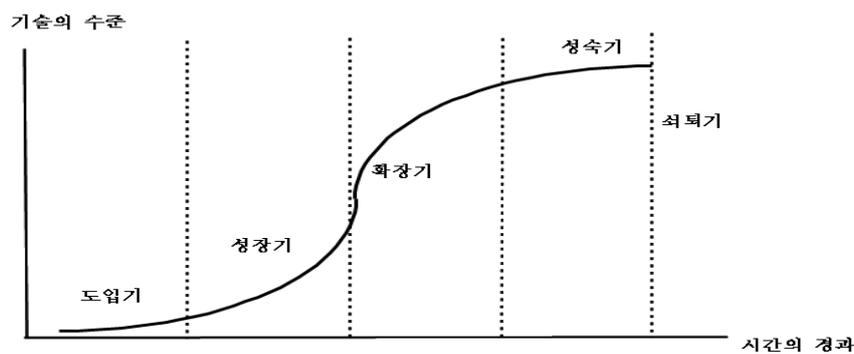
이러한 한계점을 보완할 수 있는 방안 중의 하나는 기술발전 단계와 성장곡선 개념을 활용해 1차원적 기술진보와 다차원적 기술진보를 포괄하는 개념을 정립하는 것이다(Freeman and Soete, 1997). 이 경우 비교되는 기술들의 시점별 위상분석과 시점간의 변화상황 등을 파악할 수 있다. 시점별 상대적 위상분석은 성장곡선 상의 위치 파악으로 가능하며 시점간의 변화상황은 변화를 추산으로 가능하다. 이렇게 되면, 변화의 속도와 방향, 그리고 과정을 파악할 수 있다.

4. 동태적 접근 및 모형

1) 모형에 대한 논의

기술수준조사의 새로운 접근으로 성장곡선 개념을 직접 응용하여 비교대상의 동시변화와 변화과정 유형을 고려하는 동태적 접근시도를 모색할 수 있다(박용태, 2006).

(그림 2)은 기술발전 단계와 성장곡선의 관계를 나타낸다. 기술수준조사에 대한 성장곡선의 활용을 이해하기 위해서는 성장곡선에 대한 수식과 이에 의한 곡선의 모양에 대한 논의가 필요하다.



(그림 2) 기술발전의 경로 (기술발전단계와 성장곡선)

2) 관련 최근 사례연구 검토

동태적 접근에 의한 곡선적합 모형을 활용한 최근의 두 가지 국내 사례연구의 공통적인 특징은 성장곡선 유형을 추정하는 모형을 사용했으나 곡선추정 결과 및 관련 추정 결과에 대한 구체적인 논의와 소개가 미흡하다는 점이다.¹⁾ <표 2>는 비교동태적 기술수준 조사 사례를 소개한다.

1) 이 연구에서는 이를 보완하기 위한 시도를 하였으며 다음 장에서 구체적인 시범적용 사례를 소개한다.

<표 2> 성장곡선 개념을 이용한 비교동태적 분석 사례조사 비교

	KISTEP(한성구, 2008)	KOTI(이재준, 2009)
평가 대상국	한국, 미국, 일본, 중국, EU	최고기술보유국 및 한국
주요 평가 항목	현재, 5년 후 기술수준, 기술개발소요시간, 연구개발단계, 발전속도, 격차추세, 기술성격, 중요도, 기여요인, 정부투자필요성, 과급효과, 확보추격방안, 장애요인, 제언사항	기술수준(상대수준, 격차추세), 정책수단, 기술발전단계, 기술격차 주요원인, 기술개발의 성과, 기술지원정도, 확보추격방안, 기술수준 향상에 필요한 핵심기술, 장애요인 제언사항
평가 방법	온라인기반 (2차 델파이)	온라인 설문 및 인터뷰
분석 방법론	기술성장모형(Pearl, Gompertz 모형) Gordon모형(지표, 지수화)	Gordon 모형(지표, 지수화)
결과 표현 방식	기술별 기술수준, 기술격차·소요시간, 최고기술보유국 현황, 연구개발 단계 현황표	기술수준, 기술격차추세, 분야별 기여도, 시급성, 과급효과, 기술역량의 비율

IV. 동태적 접근 모형의 시범 적용

새로운 접근에 의한 동태적 기술수준조사 모형을 시험적으로 적용하기 위해 이 연구에서는 건설 분야에서 엔지니어링 분야를 시범적용 분야로 선택하였다.

이 연구에서의 실험조사에서는 관련법에 의해 분류되어 있는 체계를 토대로 편의상 건설엔지니어링 분야 분류체계를 사용한다. 이 분류체계는 건설기술 분야의 국책연구기관인 한국건설기술연구원과 건설·교통 분야의 연구관리 전문기관인 한국건설교통기술평가원의 전문적 의견을 참조하되 연구 및 실험적 조사 수행상의 편의성도 고려하였다. 이 분류체계는 10개의 건설엔지니어링 분야로 빌딩, 건설재료, 도로, 철도, 수자원, 플랜트, 토목구조, 지반, 건설안전, 토질 및 기초로 분류한다.

1. 조사개요

건설엔지니어링 분야를 대상으로 한 시범적용을 통해 이 연구에서 제안하는 모형을 검증하기 위해 설문에 포함한 내용은 건설엔지니어링 기술 분야의 특성과 수준을 시범적으로 파악하기 위한 것으로 국한하였다. 궁극의 수준을 100(%)으로 상대적인 기준을 설정하고 나면 국내 및 최고기술보유국 등의 수준을 비교할 수 있다. 동시에 해당 기술의 궁극수준 도달 소요시간이나 기술수명 주기상의 발전단계를 평가할 수 있다. 평가대상 및 기준년도 관련은 우리나라와 세계최고기술보유국을 대상으로 건설엔지니어링 10개 분야에 대한 기술수준을 조사했으며, 최고기술보유국은 전문가 패널의 응답자가 선택하도록 하였다. 설문조사의 기준년도는 2010년과 2013년으로 설정하였다. 해당기술 수준이 정점에 도달한 궁극의 기술수준과 대비하여 우리나라와 최고기술보유국의 기술수준을 평가 하였다.

2. 기술수준조사 시범분석 및 결과

1) 개요

이 절에서는 10개 건설엔지니어링 분야에 대한 해당 분야 전문가 패널로부터 받은 설문응답을 토대로 분석한 기술수준조사 결과에 대해 1차 분석 및 2차 분석을 통해 논의하되 편의상 빌딩 분

야에 대해 논의한다. 1차 분석은 세계최고기술 보유국 및 우리나라의 기술수준 응답현황에 대한 분석, 궁극기술수준에 도달하기 위해 소요되는 시간격차, 기술의 발전단계에 대한 분석을 중심으로 논의하고 2010년 및 2013년 시점을 대상으로 설문에 응답한 전문가 패널의 의견을 토대로 2차 분석을 통해 세계최고기술 보유국과 우리나라의 해당기술 분야의 기술변화의 모습을 성장곡선 모형의 추정하고 세계최고기술 보유국의 2013년 이후 기술변화의 양상과 우리의 경우를 각각 살펴보고, 또한 서로 비교분석하여 향후 우리나라의 기술변화의 위상변화를 예측한다.

2) 1차 분석

1차 분석에서는 세계최고기술 보유국과 우리나라의 2010년 및 2013년 시점을 기준으로 궁극기술수준대비 각각의 기술수준, 궁극기술수준 도달 소요시간, 기술의 발전단계에 대해 정리한다. 빌딩 분야에 대한 기술전문가들의 응답에 의한 결과를 정리한 것이 <표 3>이다.

우선 2010년도 최고기술 보유국의 빌딩 분야를 보면, 기술수준은 85.92이며, 세계최고기술 보유국들의 빌딩 분야 기술의 발전단계는 3.4로 평가하고 있고 궁극기술수준 도달시간은 8.79년으로 평가하고 있다. 한편, 2013년의 경우에는 기술수준은 91.56, 궁극기술수준 도달 시간은 5.62년, 기술발전단계는 3.94로 평가하고 있어, 세계최고기술 보유국들의 빌딩 분야의 기술수준은 성숙기 후반기에 접어들 것으로 예측된다. 우리나라는 2010년의 기술수준은 68.46, 궁극기술수준 도달시간은 14.12년, 기술발전단계는 2.79에 해당할 것으로 전문가들은 평가하고 있다. 2013년에는 기술수준은 77.44, 궁극기술수준 도달시간은 9.4년, 기술발전단계는 3.3이 될 것으로 평가하여 세계최고기술 보유국에 비해 낙후되어 있음이 분석되었다.

<표 3> 건설엔지니어링 분야 기술 수준조사 결과

	세계최고기술 보유국						한국					
	궁극대비 기술수준		궁극 도달시간		기술발전 단계		궁극대비 기술수준		궁극 도달시간		기술발전 단계	
	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013
빌딩	85.92	91.56	8.79	5.62	3.43	3.94	68.46	77.44	14.12	9.40	2.79	3.30

주: 궁극대비 기술수준은 궁극기술의 수준을 100으로 가정했을 경우 최고기술보유국 및 우리나라의 상대적인 기술수준을 의미함. 궁극도달시간은 최고기술보유국 및 우리나라의 기술수준이 궁극기술수준에 도달하는 데 소요되는 시간을 년 단위로 나타낸 것임. 기술발전단계는 이론적으로 정립되어 있는 성장곡선의 유형에서 도입(0~1.5), 성장(1.6~2.5), 확장(2.6~3.5), 성숙(3.6~4.5) 중 해당단계의 위치를 나타내는 것임.

<표 4>은 2010년 및 2013년의 세계최고기술 보유국과 우리나라의 빌딩 분야의 기술수준 및 2010년부터 2013년 사이의 변화추이 및 정도를 정리한 것이다. 세계최고기술 보유국의 경우, 기술 변화 수준은 2010년 85.92에서 2013년 91.56으로 이 기간 동안 약 5.65정도의 기술수준 향상이 전망된다. 이것은 2010년 대비 약 6.57%의 향상율이다. 반면, 우리나라의 경우는 빌딩 분야의 기술수준 향상 정도는 8.97(13.11%)이며, 빌딩 분야의 기술수준의 변화 정도는 우리나라가 세계최고기술 보유국에 비해 큰 것으로 나타났다.

<표 4> 건설엔지니어링 분야 기술수준 및 변화

빌딩	최고기술보유국	2010	2013	변화수준	변화정도(%)
		85.92	91.56	5.65	6.57
	한국	68.46	77.44	8.97	13.11

주: 변화수준은 2013년 기술수준과 2010년 기술수준의 차이를 말함. 변화정도(%)는 2010년도 대비 변화수준의 비율로 절대적 기술수준의 상대적인 향상정도를 의미함.

<표 5>는 세계최고기술 보유국과 우리나라의 빌딩 분야의 공극기술수준 도달 소요시간 및 2010년부터 2013년 사이의 변화추이, 정도를 정리한 것이다. 세계최고기술 보유국의 경우, 2010년 기준 소요시간이 8.79년이던 것이 2013년 기준 5.62년으로 축소되어 3년 사이에 3.17년이 줄어들 것으로 전문가들은 전망하고 있다. 그러나 우리나라는 빌딩 분야의 공극기술수준에 도달하기 위해 소요되는 시간의 변화는 세계최고기술 보유국에 비해서는 비교적 큰 편이나, 세계최고기술 보유국과의 기술격차 년도가 심하여 기준년도 사이의 변화가 상대적으로는 큰 의미를 지니지 않는다고 판단된다.

<표 5> 건설엔지니어링 분야 공극기술 도달까지 소요시간 및 변화

		2010	2013	변화수준	변화정도(%)
빌딩	최고기술보유국	8.79	5.62	3.17	36.09
	한국	14.12	9.40	4.72	33.43

주: 변화수준은 2013년 소요시간과 210년 소요시간과의 차이를 말함. 변화정도(%)는 2010년도 대비 변화수준의 비율로 소요시간의 상대적인 단축정도를 의미함.

3) 2차 분석

건설엔지니어링 10개 분야의 기술수준에 대한 해당분야 전문가들의 응답을 토대로 분야별 기술의 변화유형을 성장곡선이론에 입각하여 추정한 다음, 추정결과를 이용하여 2013년 이후 세계최고기술 보유국과 우리나라의 기술수준의 변화 추이를 예측하도록 하며, 앞서 말했듯 빌딩 분야에 대해 논의한다. 추정에 적용한 성장함수의 형태는 콤포트츠 함수이며, 이 함수의 적용결과 통계적으로 매우 유의한 수준임을 검정하였다.

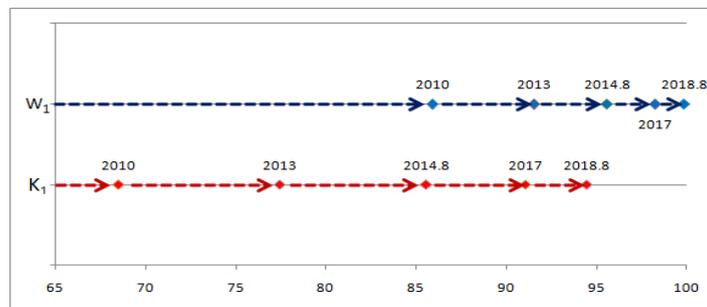
<표 6>는 콤포트츠 함수를 사용하여 빌딩분야 기술수준 변화를 추정했다.

<표 6> 최고기술보유국과 우리나라 빌딩 분야 기술수준의 변화

분야		현재	3년 후	A	B	C	D
빌딩	년도	2010	2013	2014.8	2017	2018.8	2023.5
	최고기술보유국	85.92	91.56	95.57	98.26	99.86	-
	한국	68.46	77.44	85.54	91.07	94.45	99.99

주: A는 한국이 2010년의 최고국 수준에 도달하는 시점, B는 한국이 2013년의 최고국 수준에 도달하는 시점, C는 최고국이 공극기술 수준에 도달하는 시점, D는 한국이 공극기술 수준에 도달하는 시점을 의미함.

다음의 (그림 3)는 <표 6>의 값으로 세계최고기술 보유국과 우리나라의 빌딩 분야의 기술수준의 변화 비교를 그래픽화 한 것이다. 세계최고기술 보유국이 공극기술수준인 100에 도달하는 시점인 2018.8년에 우리나라의 경우는 94.45까지 향상될 것으로 보이며, 기술의 발전속도는 1.65 정도일 것으로 추정된다. 우리나라는 이로부터 5년 후인 2023.5년경에 공극기술수준에 도달할 것으로 보인다.



주: w1은 world best(빌딩), k1은 korea(빌딩)을 뜻함.

(그림 3) 빌딩분야 최고기술보유국 및 한국의 기술수준 변화 비교 레이스

V. 요약 및 결론

1. 요약 및 결론

이 연구에서는 기존과 다른 몇 가지 측면에서 새로운 접근을 시도 하였다. 우선 기술의 변화 과정을 동태적 접근에 의해 분석을 하고, 절대수준의 기준 설정은 분석기간 동안 하나의 절대값으로 고정해야 한다. 이 연구에서는 기술변화의 유형을 기술성장 곡선을 통한 추정에 의해 설정하는 방법을 시도하였으며, 유일한 절대기술값의 설정을 위해 이론적으로 가능한 궁극기술 수준이라는 개념을 도입하였다.

이 연구에서 제안하는 기술수준조사 이론 및 방법론에 대한 개선 효과를 검토하기 위해 건설엔지니어링 10개 분야에 대한 시범적인 검증작업을 실시하였으며 빌딩 분야에 대해 논의하였다. 우리나라의 빌딩 분야의 기술수준은 세계최고기술 보유국의 수준에 비해 뒤져 있는 것으로 나타났으며, 추격국가의 입장에서 따라잡기 위해서 우리의 상대적인 위치가 어떻게 되어야 하는가에 대한 시점대별 동적인 변화양상을 파악할 수 있었고, 변화의 정도를 감안할 때 우리의 변화는 어느 정도이어야 하는가를 살펴 볼 수 있었다.

<표 7>는 빌딩 분야에 대한 세계최고기술 보유국 및 우리나라의 궁극기술수준대비 기술수준의 예시적 비교표이다.

<표 7> 건설엔지니어링 빌딩 분야의 기술수준

기술 분야			2010년	2013년	최고기술보유국 궁극기술수준 도달시점	비고
빌딩	기술수준	w	85.92(3.43)	91.56(3.94)	2018.8	2018년 하반기에 한국은 94.45에 도달
		k	68.46(2.79)	77.44(3.30)	94.45	
	기술변화	w	2.86	1.88	-	3.90
		k	5.06	3.66	1.65	

주: 기술수준은 (이론적)궁극기술수준(100)대비 비율이며 괄호안의 숫자는 기술단계임. 기술변화는 연간 기술수준의 변화정도(기술변화율, 기술진보율)를 나타냄. w는 세계최고기술보유국, k는 우리나라(한국)를 의미함. 비고란의 숫자는 해당분야 최고기술보유국이 궁극기술수준에 도달하는 시점까지 한국이 추격해야하는 연간 평균 기술변화율(2013년부터 추격하는 경우)임.

2. 연구결과의 활용방안 및 제언

이 연구의 결과로 하나는 기술의 수준을 조사하기 위한 새로운 접근개념과 이를 토대로 개발한 모형의 내용이며, 다른 하나는 개발모형의 시범적인 실증적용이다. 접근개념 및 개발 모형은 최근의 사례조사에서 처음으로 적용을 시도하기는 하였으나 결과의 공개 차원에서는 매우 보수적이었던 점을 감안하면 보다 실용적이고 활성화된 적용방안이 강구될 필요가 있다. 다른 하나는 시범적용 사례로서 건설엔지니어링 분야에 대한 조사분석을 비교적 1차원적으로 시도해 보았으며, 기술성장유형의 추정결과를 통해 보다 실질적이고 구체적이면서 동적인 의미의 기술변화 궤적 및 상대적 위상분석이 가능하였다.

1) 조사대상 기술의 범위 및 체계 확립

기술수준을 조사하기 위한 대상기술에 대한 정의 및 범위를 설정하는 것은 수준조사의 정확성 유지를 위해 매우 중요한 사항이다. 대부분의 기술의 경우, 기술체계에 의해 ‘대-중-소’ 등의 분류 체계를 따르게 되는데, 이 때, 대부분의 연구에서는 ‘중’ 및 ‘소’ 분류 체계 수준에서 수준조사를 시행

하게 되는데, 상위체계와의 부합성 및 일관성 유지의 문제가 정확도의 관건이 된다.

2) 응답에 참여하는 전문가 집단(패널)의 설정

정성적인 자료에 의존하여 정량적 값을 추산해야 하는 경우, 본질적으로 정성적인 자료의 값 단계에서부터 정확도를 유지할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 응답에 참여하는 전문가 집단의 전문성과 응답을 대하는 자세가 매우 중요하다. 이를 위해서는 전문가 집단의 설정과 함께 설문서의 설계 또한 매우 중요하다.

3) 기술수준조사를 통해 얻고자 하는 정보의 범위와 내용

기술수준 자체를 조사하려는 것인지, 기술수준에 영향을 주는 요소를 파악하려는 것인지, 정책이나 전략수립을 하려는 것인지 등 그 범위를 명확하게 설정하는 것이 중요하다. 수준조사에 대한 개념 디자인과 구체적인 설문지의 설계가 경우에 따라 상이하므로, 조사 및 연구의 범위 또한 달라질 수 있기 때문이다.

앞에서 논의한 제약 혹은 단순화 처리한 사항을 보다 발전시켜 보다 심층적이고 의미있으며 실효성있는 기술수준조사가 가능하도록 할 필요가 있다.

또한 기술수준의 결정에 영향을 미치는 요인들을 파악하는 것이 근원적으로는 보다 중요할 수 있다. 이러한 파악은 기술수준의 변화 가능성에 대한 실질적인 대안제시가 가능하기 때문이다. 따라서 이 경우 기술수준과 기술수준 결정인자 사이의 인과관계를 보다 구체적으로 살펴보는 것이 중요하다. 더욱이 시간의 흐름과 환경변화에 따라 기술수준 결정인자들의 영향력 정도는 가변적일 수 있기 때문에 기술수준 자체의 동태적 접근에 의한 파악과 함께 기술수준 결정인자들에 대한 동태적 변화정도를 함께 파악하는 것이 필요하다.

참고문헌

(1) 국내 문헌

김기국·고상원·권용수 외 7인(1998), 『국가 과학기술통계·지표체계도의 구상』, 과학기술정책 연구원.

교육과학기술부(2007), 『국가과학기술혁신역량평가』.

김인호·정근하·홍순기 외 12명(1999), 『우리나라의 주요 과학기술 수준조사』, 한국과학기술기획평가원(KISTEP).

박병무·김영우·정태운(1991), 『거시경제 예측모형과 기술혁신』, 정책연구 91-02, 과학기술정책연구소(STEPI).

박병무·정근하·이상엽·최문정·서혜원(2004), 『2003년도 기술수준평가보고서』, 한국과학기술기획평가원(KISTEP).

박병무(2007), “동태적 기술수준 측정 방법에 대한 이론적 접근,” *기술혁신학회지* 제10권 4호, pp.654-686, 2007.12.

박용태(2006), 『차세대 기술혁신을 위한 기술지식경영』, 생능출판사.

박철한·진용한(2003), 『한·중·일 기술경쟁력 비교조사』, 전국경제인연합회.

변순천·유지연·손석호(2008), 『기술성장모형을 활용한 동태적 기술수준평가 방법』, 이슈페이퍼 2008-13, 한국과학기술기획평가원(KISTEP).

삼성경제연구소(2008), 『국가경쟁력지수의 허와 실』.

석영철·김윤경·김찬준 외 2인(2004), 『중국산업 및 산업기술 경쟁력 정보구축 산업기술기반조

성에 관한 보고서』, 한국산업기술재단.

설성수·박정민·조성복(2007), 『바이오 기술과 산업: 미래를 위한 선택』, 도서출판 글누리.

소민호·노시경(2002, 2003, 2004), 『SCI DB분석을 통한 과학기술분야 연구실적 분석 연구』, 한국과학기술원.

신성윤·우창화·박동규 외 4인(2002), 『산업기술수준 조서분석』, 한국산업기술평가원.

윤문섭·이우형(2003), 『IT 및 BT 분야의 기술수준 평가 및 정책적 시사점: 미국특허 의 인용도 분석』, 연구보고 2002-13, 과학기술정책연구원(STEPI).

안두현·엄미정·이광호 외 4인(2002), 『주요 신기술의 혁신추이 및 경쟁력 분석: BT, ET, NT 를 중심으로』, 과학기술정책연구원.

윤문섭·안규정(2003), 『우리나라의 과학수준 및 구조의 특징: SCI 논문분석을 중심으로』, 연구 보고 2002-14, 과학기술정책연구원(STEPI).

이상엽·이장재·최문정·정근하·박병원 외 6명(2006), 『2005년도 기술수준평가보고서』, 이원영(2001), “국가 기술경쟁력 평가의 방법론과 응용,” *과학기술정책*, 5/6합본호, pp.53-63, 과학기술정책연구원(STEPI).

이재준(2009), 『교통분야 기술수준조사 연구』, 한국건설교통기술평가원 08정책-01, 한국교통연구원.

정근하(2001), 『중장기 과학기술예측 조사결과의 국제비교연구 - 한국, 일본, 독일을 중심으로』, 한국과학기술기획평가원.

정근하(2009), 『국가 과학기술적 목표의 효율적 달성을 위한 과학기술기획에 관한 연구』, 한국과학기술기획평가원.

정근하·김인호·한성구·길부중·박형근·박수동(2001), 『우리나라의 주요 유망제품에 대한 핵심요소 기술수준평가에 관한 연구』, 한국과학기술기획평가원(KISTEP).

최문정·정근하·이상엽·서혜원(2005), “우리나라 중장기 전략기술의 수준평가에 관한연구,” *기술혁신학회지*, 제8권2호, pp.651-677.

최호남·소민호·박선아(2001), 『SCI 및 EI DB분석을 통한 과학기술분야 연구실적 분석 연구』, 과학기술원.

최희운·홍순기·정근하 외(1986), 『기술수준 평가 및 지표개발에 관한 연구(I)』, 과학기술처. 한국과학기술정책관리연구소(1995), 『국제협력기술 조사연구』.

한국산업기술평가원(2006), 『2006년 산업기술수준조사·분석』.

한국전력(1988), 『기술수준 평가기법 개발에 관한 연구』.

한성구(2009), 『2008년 기술수준평가 보고서』, 종합조정 2009-30, 한국과학기술기획평가원(KISTEP).

홍순기(1986), 『기술수준 평가 및 지표개발에 관한 연구(I)』, 과학기술처.

홍순기(2004), 『건설기술 국제경쟁력 강화를 위한 건설기술 수준지표 개발 및 기술예측 연구보고서』, 한국건설교통기술평가원 R&D/03기반기술B05, 2003년 건설기술기반구축사업 제1차년도 최종보고서, 2004.8.19.

(2) 국외 문헌

寸木俊昭(1974), 「技術水準の考察」, 經營志林, 10(3,4).

ケソ-リサーチ(1976), 「技術水濁のチール化 研究」.

일본 과학기술정책연구소(2005a), “Benchmarking Research & development Capacity in Japan.”

일본 과학기술정책연구소(2005b), “Study on Rapidly-developing Research Area.”

중국과학원(2008), 『중국 미래 20년 기술예측연구』.

Albert, M.B., Yoshida, P.G. and van Opstal, D.(1998), *The new innovators: Global*

- patenting trends in five sectors*, U.S. Department of Commerce, Office of Technology Policy.
- Abramovitz, M.(1979), "Rapid growth potential and its realization: the experience of capitalist economies in the post war period," in E. Malinvaud (ed.)," *Economic Growth and Resources*, London: Macmillan.
- Alexander(1973) : "Measuring Technological Change : Aircraft Turbine Engines", *Technological Forecasting and Social Change*, No5, 189~203.
- Cozzens, S., S. Gatchair, K.S. Kim, G. Ordonez, and A. Porter(2005), *Emerging Technologies: Quantitative Identification and Measurement*, A Report Prepared for The Korea Institute of Science and Technology Information, Technology Policy and Assessment Center, School of Public Policy, Georgia Institute of Technology, October 29, 2005.
- European Commission(2002), *Final Report of the Expert Group on Benchmarking S&T Productivity*.
- Freeman, C., and L. Soete(1997), *The Economics of Industrial Innovations*, Cambridge Mass: The MIT Press.
- Gordon, T.J., and Munson, T.R.(1981), "A Proposed Convention for Measuring the State of the Art of Products or Process," *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.20, 1-26.
- Japan Research Institute and National Institute of Science and Technology(JRI & NISTEP)(2000), 『연구개발 수준에 관한 조사』, Japan.
- Krugman, P.(1979), "A model of Innovation, technology transfer and the world distribution of income," *Journal of Political Economy*, Vol.87, pp.253-66.
- Maddison, M.(1979), "Long-run dynamics of productivity growth," *Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review* Vol.128, pp.1-73.
- Martino, J.P.(1993), *Technological Forecasting for Decision Making*, 3rd ed., New York, McGrawhill.
- MIT(2004), "Patents 2004," *Technology Review*, May, 66-77.
- Office of Science and Technology Policy(OSTP)(1995), *National Critical Technologies Report*, U.S.A.
- Perez, Carlota(2002), "Technological Revolutions and Techno-economic Paradigm as Framework for Designing Industrial Policy", Presentations for a Ministry of Economic Affairs and PRAXIS Workshop, *How are ICT and Biotechnology Related Policy Implications for Estonia*, 27 September, 2002.
- Schmookler, J.(1996), *Invention and Economic Growth*, Harvard University Press.
- STEPI(1994) : "A Long-Range Plan for Science and Technology Toward the Year 2010", Science and Technology Policy Institute, Seoul.
- van Rann, A.F.J., and van Leeuwen, T.N.(2002), "Assessment of the Scientific Basis of Interdisciplinary Applied Research: Application of Bibliometric Methods in Nutrition and Food Research." *Research Policy*, Vol.31, 611-632.
- van Rann, A.F.J.(2004), "Measuring Science," Chapter 1, in *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*, Kluwer Academic Publishers, pp.19-50.
- World Technology Evaluation Center(WTEC), Since 1989, *WTEC Pannel Report*, U.S.A.